

# 能登半島地震の震災復旧対応における DX 技術の活用について Utilizing digital transformation technology in disaster recovery works following the Noto-hantou earthquake

橋本 健人\*

Kento Hashimoto

鬼頭 夏樹\*\*\*

Natsuki Kitou

小倉 仁志\*\*

Hitoshi Ogura

岩國 英紀\*\*\*\*

Hidenori Iwakuni

## 要 約

令和6年1月1日に発生した能登半島地震後に、当社の作業班が現地入りし、24時間体制で道路啓開および農業ため池堤体の応急処置等の作業を行い、迅速な復旧に対応した。この緊急復旧にあたり、スターリンク、ピコセラカーおよびwebシステムなどDX技術を導入して現場状況の迅速な情報収集と連絡体制を整えた。また、崩落箇所等における二次災害防止のためにOKIPPAや重機遠隔操作装置を用いて対処した。

## 目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 対応の経緯
- § 3. 震災復旧の対応内容
- § 4. 緊急復旧時の施工上の課題と対応
- § 5. まとめ

## § 1. はじめに

令和6年1月1日に能登半島をマグニチュード7.6、最大震度7の地震が襲った。この地震により、各地で土砂災害、火災、液状化現象、家屋の倒壊が相次ぎ、交通網も寸断されるなど、奥能登地域を中心に北陸地方の各地で甚大な被害が発生した。そのような状況の中、当社は石川県道40号（珠洲里線）のうち国道249号から県道6号までの約14km、広域農道約3km、石川県道26号（珠洲穴水線）のうち国道249号から小屋ダムまでの約5km、珠洲市道740号のうち約80mの道路啓開を行った（図一）。

また、能登には用水を確保する水源としてため池が各

所に数多くあり、ほとんどのため池の堰堤に亀裂が入るなどの損傷が生じた。損傷の拡大防止をするため、ため池の水位低下とブルーシート養生等を行った。

本稿では、地震発生時の緊急復旧の対応内容、DX技術の活用および今後の本復旧工事に向けた留意点について報告する。



図一 震災復旧の対応範囲

## § 2. 対応の経緯

地震発生からの当社の対応の経緯を以下に示す。

- 1月1日 16:10 能登半島地震発生
- 1月6日 北陸地方整備局と日建連から西松、安藤ハザマ、佐藤工業に要請、社内体制と拠点を射水建設興業射水支店とすることを決定
- 1月7日 作業班が現地入り、道路啓開開始
- 1月23日 北陸農政局から北陸土地改良建設協会へ要請ため池の応急措置対応を実施
- 2月16日 北陸地整より道路啓開の撤収指示

\* 関東土木（支）能登（出）  
（現：関東土木（支）上瀬谷（出））

\*\* 関東土木（支）能登（出）  
（現：北日本（支）黒沢トンネル（出））

\*\*\* 関東土木（支）能登（出）  
（現：関東土木（支）土木工事部）

\*\*\*\* 関東土木（支）能登（出）  
（現：関東土木（支）輪島山本（出））

社内の人員は各支社から集結して 30 人体制を整えて対応した。

### § 3. 震災復旧の対応内容

#### 3-1 道路啓開措置

現地では道路が倒木や土砂崩れにより分断され、家屋の多くは倒壊していた。また、ガス、電気、通信施設などのインフラ設備が被災しており、機能していない状態であった。被災地は孤立状態にあり、被災地の支援車両の通行と機能回復のためには、迅速に道路を復旧することが求められた。そこで当社は作業時間を 1 班 4 時間、5 班体制で 20 時間（7：00～翌 3：00）の啓開作業を行った。現地での対応は、西松職員 1 名（上長除く）、現場作業員 4 名を 1 班とした。

現地での作業内容として、土砂や倒木の撤去、除雪、道路の亀裂補修のほか、被害拡大の防止策として大型土のう設置、路体改良、碎石敷均し、法面防護を行った。写真一1、写真一2 は県道 26 号（国道 249 号から 3.4 km 付近）の被災状況と対策復旧後の状況である。道路は崩壊した法面による多量の土砂に覆われた状態であったが、崩落土の大半は撤去せず固化材を添加することで道路啓開を早めた。写真一3、写真一4 は県道 26 号（国道 249 号から 4.0 km 付近）の法枠法面の啓開着手前後の状況である。こちらは既設の法枠が崩壊し、道路をふさいでいたため、法枠を撤去し、法尻に大型土のうによる土砂流出抑止とブルーシートによる法面防護を行った。大型土のうの裏込めには現場発生土や崩れた法枠を使用した。

これらの道路啓開作業は一般的な工事と異なり図面のない工事であるため、現場作業員、監督員と相談し、現地で臨機応変に対応することとした。

#### 3-2 ため池応急措置

今回の地震により、ため池堤体に亀裂が入った箇所が多くみられた。写真一5、写真一6 はため池の損傷状況と応急措置完了後の写真である。上下流方向に生じる亀裂は水みちとなり、堤体の崩壊につながる危険があるため、池の水位低下とブルーシートによる損傷の応急措置を行った。当社が対応したため池は珠洲地区を中心に計 24 か所である。ため池は各所に点在し、移動に時間がかかるため 1 日 2～3 か所の施工を目標とし、15 か所を 6 日間、追加 3 か所を 1 日間、再追加 6 箇所を 3 日間で行った。現地での対応は、西松職員 1 名、現場作業員 4 名を 1 班とし、8：00～17：00 で作業を行った。倒木などで現場近くまで車でいけないことが多く、徒歩で資材を運搬しなければならないことや、ナビではたどり着けない状態になっていたため、事前調査が必須であった。要対策箇所を図示したマップデータを基に、着手前に現地調査を行うことで、ナビの案内通りにたどり着けることの確認、現地の被災状況から求められる復旧方法に応じた資材調達



写真一1 県道 26 号被災状況



写真一2 県道 26 号復旧後



写真一3 県道 26 号法枠部の被災状況



写真一4 県道 26 号法枠部の復旧後

を先行して実施できた。

#### § 4. 緊急復旧時の施工上の課題と対応

##### 4-1 現場状況の迅速な情報収集と連絡体制

###### (1) 通信環境の改善

前述したように、現地は通信手段がなく、拠点との連絡手段がなかった。工事を進めるうえで連絡手段の確保は必要不可欠であるため、通信環境を改善するためにスターリンク、ピコセラを使用した(写真一7、写真一8、写真一9)。これは、車外にアンテナ、車内にWi-Fiルーターを設置して、車の半径200mをWi-Fi環境にすることができるもので、場所を選ばずに運用できる。

「スターリンク (Starlink)」とは、低軌道衛星を使用したインターネット環境のサービスであり、高度550kmという低い軌道を数千基の衛星で周回することによって、光回線を利用した時のような通常のインターネット利用が可能となる。通常の衛星インターネットサービスの多くは高度35,786kmで地球を周回する静止衛星1基で提供されていることから、動画や音声など容量の大きなデータ通信は困難であった。これに対してスターリンクは、光回線やLTE(携帯電波)の利用が難しい環境下で使用可能な次世代の衛星通信サービスである。さらに、メッシュWi-Fiネットワーク「ピコセラ (Pico CELA)」<sup>1),2)</sup>を用いて移動車両の周辺でWi-Fi環境を構築し、屋外でも通信可能な環境を整えた。

なお、スターリンクとピコセラは別の現場で使用していたものを能登に至急調達して、すぐに利用できるよう対応した。

###### (2) 迅速な現場状況の把握

拠点から現場状況を把握するためのツールとして、クラウドサービス KUMIKI<sup>3)</sup>を導入した。震災後の航空写真上に現地の写真を日々取り込み更新して、現地状況および作業の進捗状況をいち早く関係者に共有して、対応の迅速化と効率化を図った(図一2)。KUMIKIは、その写真がどこで、どの方向から撮影したかが地図上でわかり、現況把握が容易になるツールである。メリットとして、現地撮影者はスマホの位置情報をONにして撮影、アップロードするだけでデータが更新され、追加作業や複雑な操作がなく、作業負担にはならない。ただし、通信環境が悪いとGPS機能が使えないため、ピコセラカー付近で撮影しないと機能しないという面もあった。その場合は、現地撮影者が通信可能なピコセラカー近くに移動するか、ピコセラカーを都度移動することで対処した。

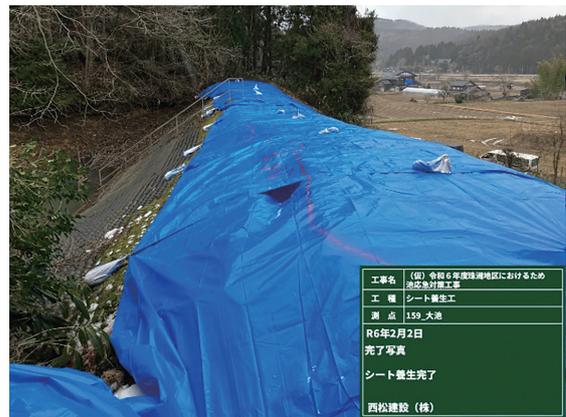
##### 4-2 二次被害の防止対策

###### (1) 法面の監視

現場は一度崩落した箇所であるため地山・地盤が緩ん



写真一5 ため池の損傷状況



写真一6 ため池の応急措置状況



写真一7 スターリンク・ピコセラ通信車



写真一8 通信車の車内

であり、余震による二次災害が懸念されていた。実際に現場で作業していても揺れを感じるほどの余震が発生していた。そのような現場環境の中で安全作業を行うためには、常時法面の動きを監視する必要がある。しかし、目視では限界があるため、その対策として当社開発の傾斜監視システム OKIPPA<sup>4)</sup>を設置し、法面の動きをデータ

でリアルタイムに把握できるようにした。写真-9、写真-10はOKIPPAの設置状況である。変位の進行の有無を監視するため崩壊法面の頂部などの場所に設置した。木杭に取り付けるだけで稼働できるため、運用が非常に容易である。現地で計測したデータは自動で図-3のようにグラフ化され、変位の発生を一目で把握することが

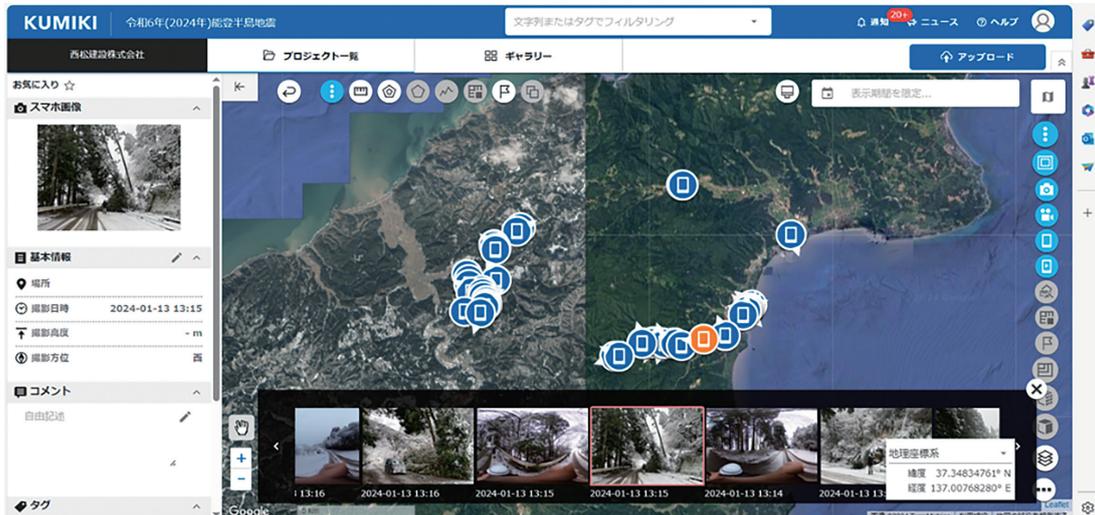


図-2 KUMIKI 管理画面



図-3 OKIPPA 管理画面



写真-9 OKIPPA の設置法面



写真-10 傾斜監視センサ OKIPPA

できる。24 時間観測ができ、異常があれば通知され、その場にいなくても法面に動きがあればすぐにわかる。なお、変状（傾斜角）の管理値は、過去の経験から 1°（注意）および 5°（警報）に設定した。ただし、施工中にぶつかったりして衝撃を与えると、異常を感知して通知されてしまうため、注意が必要である。OKIPPA は LPWA（Sigfox）エリア内であれば独自の回線で稼働するが、県道 26 号は範囲外であったため、スターリンクとピコセラを併用して使用した。

## (2) 重機の遠隔操作

県道 40 号の啓開作業が終わり撤収する時期に、経路上の橋が損傷している情報を得た。このため重機を安全に回送させる対策として、運転席にアクティブロボ SAM<sup>5)</sup> と称する遠隔操作装置を設置し（写真—11）、オペレータが遠隔から重機を運転させることで安全を確保した（写真—12）。アクティブロボ SAM は装置の設置から約 30 分で稼働することができ、専用の機械でなくても汎用重機に後付けすることにより無人操作が可能である。駆動は搭載重機のバッテリー電源を使用するため、長時間の使用が可能となる。また、重機搭載カメラと動画像転送装置を使用すれば、室内からの無線遠隔操縦も可能となる。遠隔操作装置は別の使用中の現場から至急調達することで、応急的な対応をすることができた。

## §5. まとめ

今回の災害緊急復旧工事において、上記の DX 技術を活用し、拠点との連絡手段の確保、二次災害の懸念がある現場状況での安全を確保することができた。

また、今後の本復旧工事に向けた留意点について以下を挙げる。

### 1) 対策工法の検討

地震発生時における被災を最小限にして、通行機能を迅速に回復できる構造を目指すことが必要と考える。能登半島では平成 19 年にも大規模地震が発生している。この時に盛土の補強や排水などの対策を講じた箇所は今回の地震での被害が少ないことが報告されている。現行の道路土工盛土工指針に準拠し、十分な地下排水対策を実施することが必要となる。

### 2) 現場発生土の活用

大規模地震の際、多くの箇所で土砂崩れが発生し撤去が必要な土量や啓開作業の緊急性のため、発生土の搬出先が見つからないことや、遠方になることが予想される。また、通行できるルートが限られているため、搬出車両が渋滞の原因になることも予想される。そこで、今回県道 26 号、市道 740 号で行ったように、現場発生土を改良して活用することが重要となる。



写真—11 遠隔操作装置



写真—12 遠隔操作状況

そのため、作業をより効率的に行い、できるだけ搬出物が少なくなる施工方法を検討する必要がある。

### 3) 安全対策と体制

現場で作業していて揺れを感じるほどの余震も実際に何度かあった。そのため余震があった際の退避場所の確保、連絡手段の確立など、あらかじめ余震発生時に備えた安全対策と体制を整えておく必要がある。

### 4) 迅速な初期対応

大規模地震の際、基地局が被災して連絡手段がなくなることが予想される。地震発生時に迅速な初期対応を可能にするため、スターリンクとピコセラを搭載したキャンピングカーを BCP 対策車両として当社で保有することも必要と考えられた。その後、今回の教訓をもとに社内 BCP 対策用のスターリンク設備が各支社に配備された。

以上、震災復旧の対応方法の事例として参考になれば幸いである。

最後に、今回の震災復旧対応にあたり、協力・支援していただいた関係各位に感謝いたします。また、地震か

ら1年経過した今でも能登地方ではまだ多くの方々が避難生活を強いられており、引き続き復旧・復興に尽力したいと考えます。

#### 参考文献

- 1) PicoCELA HP : <<https://picocela.com/>>.
- 2) 前田薫・五十嵐貴之・楠木谷愛子：大規模造成現場における現場監視システムの構築，西松建設技報 VOL. 44, 2021.
- 3) KUMIKI : <<https://smx-kumiki.com/>>.
- 4) 鶴田大毅・永山智之・土屋光弘・黒田卓也：傾斜監視クラウドシステム OKIPPA<sup>®</sup> 104 の導入実績と計測事例，西松建設技報 VOL. 44, 2021.
- 5) KOWA TECH : アクティブロボ SAM, <<https://kowatech.co.jp/sam/manual/sam/>>.